

스마트팩토리, 인공지능으로 날개를 달다

김호인 수석연구원, 철강연구센터(dotriz@posri.re.kr)

목차

1. 제조업 혁신과 스마트팩토리
2. 인공지능을 통한 Breakthrough
3. 스마트팩토리 도입 시 주요 이슈
4. 시사점

Executive Summary

○ 인공지능이 스마트팩토리의 주요 분야에 Breakthrough를 가져올 전망

- 인공지능이 가진 스스로 배울 수 있는 학습역량, 기존 통계 분석보다 탁월한 분석역량, 스스로 창작할 수 있는 창조역량이 스마트팩토리 혁신에 새로운 전기를 마련해 줄 것으로 기대

스마트팩토리 주요 분야	인공지능을 통한 Breakthrough
설비에방정비	다양한 설비 데이터를 수집한 후 단순한 통계분석보다 인공지능 분석을 적용함으로써 예방정비 신뢰성 개선
공정 간 연계제어	통계적 분석 기법으로 예측하기 힘든 공정 간 품질결함도 인공지능 분석을 통해 예측할 수 있을 전망
전문가 공정제어	전문가 공정제어에 강화학습 기반의 인공지능을 적용하면서 과거 전문가 제어시스템의 한계를 극복하고 전문가보다 나은 생산성 성과를 보여줄 것으로 기대
로봇 자동화	인공지능과 로봇의 융합을 통해 로봇 스스로 학습이 가능해짐으로써 다양한 작업에 대한 범용성 증가

○ 스마트팩토리의 주요 분야별로 신중한 접근이 필요한 이슈들이 있음

- **산업별 적용 차이점:** 자동차/전자/부품 같은 조립가공 산업과 금속/화학/에너지 같은 프로세스장치 산업에서 스마트팩토리의 전개 양상이 상당히 다르므로 각 기업이 속한 산업에 효과적인 도입 전략 필요
- **Connected Factory 연결 범위:** 전체 공장의 데이터를 통합한 Connected Factory 개념이 스마트팩토리의 궁극적인 모습으로 제안되고 있지만 막대한 투자가 뒷받침되어야 하므로 초기에는 Target 범위 설정이 중요
- **운영모듈(MRP/MES/SCM)과 연계:** 기존 운영모듈에 공장 조업 데이터를 통합함으로써 운영모듈을 혁신할 수 있다는 비전이 제시되고 있으나 전문가들은 조업 데이터의 통합이 운영모듈에 줄 수 있는 가치에 회의적

○ 인공지능의 빠른 개발 속도와 잠재력을 고려하면 스마트팩토리 활용 전략이 제조기업의 성패를 좌우할 수 있음

- 인공지능 기술이 초기 단계임에도 스마트팩토리에 큰 파급효과를 가져온 점을 고려하면 향후 인공지능 기술 발전에 따른 적용 범위와 파급효과는 더 확대될 전망이므로 예의 주시할 필요
- 스마트팩토리 주요 분야별 투자규모 및 혁신 가치가 기업별로 상이하기 때문에 각 기업은 자사 특성에 적합한 스마트팩토리 활용 전략을 수립하고 전개하는 것이 중요

1. 제조업 혁신과 스마트팩토리

□ 주요 선진국은 경제에서 제조업의 중요성을 새롭게 인식하면서 자국의 제조업 경쟁력을 높이기 위해 다양한 노력을 전개

- 독일은 Industry 4.0 슬로건 하에 국가 차원에서 제조업 경쟁력을 높이기 위해 정부와 기업, 학계가 협업하며 혁신 방안을 모색
- 미국은 GE를 중심으로 주요 ICT 기업이 협업하여 클라우드 기반의 공장운영 플랫폼을 개발하면서 기업 주도로 제조업 혁신을 추진
- 일본은 기업 중심으로 MI(Industrial Value Chain Initiative) 등 협의체를 결성해 일본 기업에 적합한 제조업 혁신을 위해 노력 중이며, 일본 정부도 정책 지원

□ 한국 정부도 2014년부터 '제조업 혁신 3.0 전략'을 추진, 중소기업 제조공장의 스마트팩토리화를 확산하는 것이 핵심

- 기업과 경제단체 중심으로 스마트공장추진단을 구성하여 2020년까지 1만 개 공장의 스마트팩토리 전환 추진을 목표
- 동양피스톤 공장을 대표 공장으로 선정하여 스마트팩토리 구축을 위한 투자금을 지원하고 생산성 및 수익 개선 성과를 홍보 중
- 스마트팩토리의 최신 기술을 모두 수용한 미래의 공장을 시범 건설해 스마트팩토리의 실제 구현 모습과 생산성을 기업에 홍보할 계획

□ 각국의 제조업 혁신 노력과 함께 관련 요소 기술이 발전하면서 스마트팩토리가 구체적인 모습을 갖추기 시작

- 사물인터넷(IoT) 기술은 공장 설비의 각종 제어기 데이터와 센서류 데이터를 인터넷과 연결하여 수집할 수 있도록 지원
- 공장 데이터 통합의 가장 큰 걸림돌인 Maker별 상이한 데이터 포맷을 통합하기 위해 OPC-UA¹라는 표준 데이터 포맷이 마련되어 표준화 관련 협의가 진행 중이며, S/W적으로 통합을 지원하는 Middleware 개발도 병행
- 하둡²을 비롯한 Big Data 저장 및 분석기술이 발달하면서 대규모 데이터를 저렴한 비용으로 저장, 분석하는 것이 용이해짐
- 산업용 로봇 기술의 발전으로 로봇 생산 비용과 로봇의 작업 범위가 개선되면서 로봇을 적용한 공장 자동화가 점차적으로 진전

¹ 산업자동화를 위한 OPC 재단이 주도하는 설비 간 데이터통신표준으로 글로벌 표준으로 자리매김

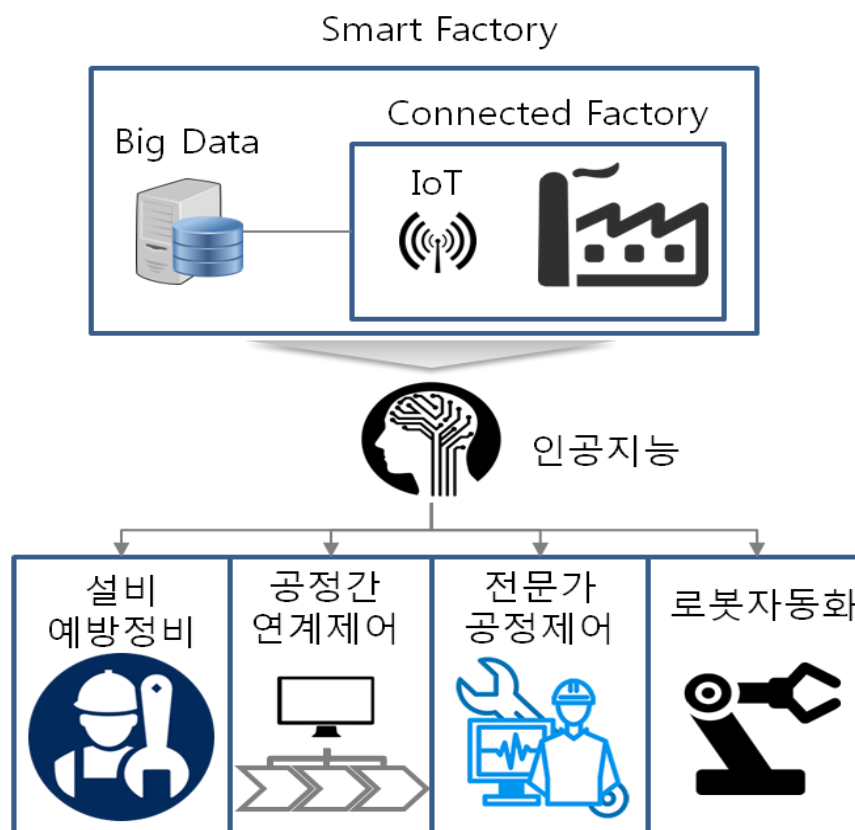
² Big Data 처리를 위해 개발된 개방형 분산저장 Database 프레임워크

2. 인공지능을 통한 Breakthrough

□ 인공지능이 스마트팩토리의 다양한 분야에서 Breakthrough를 제공할 수 있는 것으로 드러나면서 스마트팩토리의 파괴적 혁신 견인

- 인공지능 분석 방법론이 Big Data 통계적 분석 방법론의 한계를 극복
 - 안정적 설비 운영 및 품질영향 인자 제어 확대로 생산성 향상
- 학습역량 및 창조역량을 갖춘 인공지능의 공정제어 및 개발 적용
 - 전문 엔지니어를 능가하는 공정제어로 공정 생산성 향상
 - CPS(Cyber Physical System)³를 활용한 신제품 개발, 레이아웃 설계 등 활용
- 인공지능과 로봇의 융합으로 대체 가능한 인간의 작업 영역 증가
 - 노무비가 비싼 선진국에서도 경쟁력 있는 자동화 제조공장 운영

[그림 1] 인공지능을 활용한 스마트팩토리 개념도



³ 물리적으로 실재하는 System을 가상의 공간에서 Computer Modeling을 통해 똑같이 구현하는 것

1) 설비 예방정비

○ 설비 예방정비의 현황과 이슈

- 주요 설비의 고장 시점을 예측하는 것이 쉽지 않아, Maker가 제안한 보수적인 유지보수 루틴을 고수함에도 일부 설비의 갑작스런 고장 불가피
- 모터에 진동 센서를 부착하여 모터의 고장을 사전에 예측하려는 시도가 있었으나 진동 데이터만으로는 예방정비가 쉽지 않았음
- IoT 기술이 발달하면서 모터 진동, 소요 전압, 전류, 유량, 압력 등 다양한 데이터의 모니터링과 통계분석이 가능해져 GE가 자사의 엔진, 발전기 터빈 등의 예방정비에서 성과를 거두기 시작

○ RNN⁴ 기반 인공지능을 활용한 Breakthrough

- Time Series Data 분석에 효과적인 RNN(Recurrent Neural Network, 순환신경망) 기반의 인공지능 분석 기법이 적용되면서 통계적 인과관계가 분명하지 않은 설비 예방정비에서도 신뢰성 있는 분석 결과를 보여줌
- GE를 비롯한 선진기업이 설비 예방정비에 인공지능 분석기법을 도입했으며, 올해 글로벌 스마트팩토리 컨퍼런스에서도 일부 기업들이 RNN 기반의 설비 예방정비 성공 사례를 발표

2) 공정 간 연계제어

○ 공정 간 연계제어의 현황 및 이슈

- 공정 간 연계제어를 위해서는 주요 설비의 공정 데이터를 실시간으로 통합하고 분석하는 Connected Factory 구축이 요구되지만, 설비 Maker별로 서로 다른 데이터 포맷을 통합하고 실시간 DB를 운영하기 위해서는 대규모 투자 필요
- 데이터 통합에 성공했다 하더라도 공정 간 상호작용에 대한 이해 부족, 상호작용을 분석하기 위한 Big Data 인프라 및 분석 역량 부족으로 적용 사례는 일부 반도체 기업에 국한

○ Big Data 인프라 + 인공지능 분석을 통한 Breakthrough

- IoT 기술 도입과 Big Data 인프라 발전, 공정 데이터 통합을 위한 OPC-UA 표준이 논의되기 시작하면서 공정 간 데이터 통합이 용이해짐
- 인공지능 분석을 통해 공정 간 서로 다른 도메인 지식과 복잡한 통계분석에 의존하지 않고 품질 불량을 더 정확하게 예측하는 것이 가능

⁴ 딥러닝 네트워크를 순차적으로 연결하여 순차 Data(Time-Series) 처리에 적합하도록 개발된 신경망

3) 전문가 공정제어

○ 전문가 공정제어의 현황 및 이슈

- '90년대 공정제어를 위해 도입한 전문가 시스템은 정확한 운영 Model에 따라 컴퓨터가 전문가를 대체하여 핵심 공정을 최적으로 제어하도록 설계
- 그러나 복잡한 제어 특성을 반영한 정확한 운영 Model 개발 곤란, 약간의 설비 변경, 유지보수 등의 변화에도 Model 재설계가 불가피해 결국 실패

○ 학습 가능한 인공지능(딥러닝)을 활용한 Breakthrough

- 인공지능의 장점은 강화학습을 통해 운영 Model을 정확하게 유추할 수 있고, 공정환경의 변화에도 스스로 운영 Model을 수정하면서 최적 제어를 할 수 있기 때문에 추가 유지보수가 필요 없다는 것
- 딥마인드의 알파고가 이세돌 9단을 꺾은 사례에서 확인할 수 있듯이 학습 가능한 인공지능은 전문 엔지니어보다 더 나은 공정 운영이 가능
- 제련공정에 인공지능 공정제어를 적용한 구리 업체가 기존 제련 모델 제어보다 수율을 1% 높이는 데 성공하여 수천만 달러의 수익 개선 (BCG, 2016)

4) 로봇 자동화

○ 로봇 자동화의 현황 및 이슈

- 기계공학 기술 발전에 따라 로봇의 제작 비용이 지속적으로 낮아지고 인건비는 상승하면서 로봇을 활용한 공장 자동화가 진전
- 기존 로봇은 한정된 작업만 수행 가능한 낮은 범용성과 높은 가격으로 핵심 공정에만 제한적으로 도입

○ 인공지능과 로봇의 융합을 통한 Breakthrough

- 인공지능 알고리즘을 로봇에 적용하면 스스로 학습을 통해 최적 작업 방법을 빠르게 습득할 수 있기 때문에 범용성이 큰 폭으로 증가
- 일본의 화낙은 인공지능 로봇이 박스에 아무렇게나 들어 있는 부품을 학습을 통해 8시간 만에 정확히 집어내 원하는 작업을 수행
- 인공지능 알고리즘을 통해 로봇의 범용성이 큰 폭으로 확대됨에 따라 로봇으로 대체 가능한 작업이 빠르게 증가할 것으로 전망

3. 스마트팩토리 도입 시 주요 이슈

1) 스마트팩토리, 산업별 어떤 차이가 있나?

- 스마트팩토리의 다양한 혁신 Tool이 산업에 따라 상당히 다른 혁신 가치를 갖기 때문에 각 기업이 속한 산업에 효과적인 혁신 Tool을 도입하는 것이 중요
 - 조립가공(자동차/가전/부품) 산업은 제품의 빠른 Life Cycle 대응, 고객 맞춤형 생산, 노무비 절감 등이 주요 혁신 이슈
 - 프로세스장치 산업은 핵심 공정의 최적 제어, 공정 간 연계제어, 설비 유지보수를 통한 생산성 향상 등이 주요 혁신 이슈
 - 산업별로 스마트팩토리 구현과 혁신은 상당히 다른 방식으로 전개될 수 있으므로 자사 공장의 혁신 이슈에 적합한 스마트팩토리 구축이 중요

[표 1] 산업에 따른 스마트팩토리 주요 Tool의 효과

스마트팩토리 Tool	조립가공산업 (자동차/가전/부품)	프로세스장치산업 (철강/화학/에너지)
설비 예방정비	설비 규모가 작음 여분의 설비 보유 가능 ➢ 개선 Impact 小	핵심 설비의 고장방지 설비 고장 손실 큼 ➢ 개선 Impact 大
공정 간 연계제어	공정 간 상호작용 제한적 ➢ 개선 Impact 小	공정 간 상호작용 활발 ➢ 개선 Impact 大
전문가 공정제어	적용대상 공정 제한적 ➢ 개선 Impact 小	생산성 핵심 공정 다수 ➢ 개선 Impact 大
로봇 자동화	높은 노무비 비중 대체가능 공정 다수 보유 ➢ 개선 Impact 大	낮은 노무비 비중 대체 가능 공정 제한적 ➢ 개선 Impact 小

2) Connected Factory, 얼마나 연결할 것인가?

- 스마트팩토리 도입을 위한 Connected Factory 구축이 선행되어야 하지만 막대한 투자비를 정당화할 수 있는 혁신 모델이 확인되어야 함
 - DB 구축 비용이 저렴해진 것은 사실이나 수많은 설비에서 초단위로 생산되는 조업 데이터를 모두 DB화하는 것은 막대한 비용이 소요
 - 설비 Maker별로 데이터 포맷이 달라 데이터 통합을 위한 Middleware 개발에도 상당한 규모의 투자가 필요하고 표준화를 위한 협의는 아직도 진행 중
- 공정 간 연계제어를 위해서 Connected Factory가 필요하지만 실제 핵심적인 제어 인자는 전체 데이터에서 극히 일부분에 불과
 - 공정 간 상호작용이나 상호작용하는 인자를 알지 못하는 상황에서는 다수의 공정과 조업 데이터에 대한 수집과 분석이 필요하지만 일단 파악한 후에는 해당 조업 데이터만 연계 관리하는 것으로 충분
 - Pilot 공장을 Connected Factory로 구축하여 테스트하거나 핵심 제품/공정 중심으로 범위를 한정한 후 필요한 정보를 연계하여 테스트하는 것이 바람직

3) 운영모듈(MRP/MES/SCM), 조업 데이터와 연계 필요한가?

- 운영모듈에 공장의 조업 데이터를 통합하는 것이 어떤 가치를 가져올 수 있는 지 불분명함
 - 삼성전자의 SCM 혁신, 기존 MRP의 고질적인 문제를 해결한 제3세대 MRP를 비롯한 운영모듈의 혁신은 Level 1, 2 조업 데이터와의 융합이 아닌 새로운 운영 프로세스를 설계하고 구현하는 가운데 탄생
 - 3세대 MRP를 제안한 Carol Ptak도 정보의 가시성만 높여서는 수요 변동 충격에 더 심하게 노출될 뿐이라며 스마트팩토리를 통한 운영모듈 혁신에 부정적 의견 제시
- 데이터의 가용성이 확보되었다는 이유로 공장의 Level 1, 2 데이터와 운영모듈의 통합을 시도하기보다는 기존에 알려진 혁신 모델을 추구
 - 운영모듈이 다루는 기본 데이터는 제품의 수요/재고 데이터로 운영모듈 관점에서 보면 수요/재고 외에 각 제품이 갖고 있는 Level 1, 2 데이터는 관심이 없음

4. 시사점

- 인공지능의 기술 발전과 함께 스마트팩토리의 적용 범위 및 혁신 가치 또한 확장될 것
 - 최근 GANs(Generative Adversarial Networks) 기술이 등장하면서 인공지능은 학습을 넘어 스스로 새로운 것을 창작하는 단계로 발전
 - GANs와 같이 스스로 창조할 수 있는 역량을 갖춘 인공지능 기술은 기존의 CPS에서 제한적으로 활용하던 제품 디자인, 신제품 개발, 레이아웃 설계 등에 새로운 혁신을 가져올 것으로 전망
 - 인공지능 기술 성과가 본격적으로 드러나기 시작한 지 채 5년이 지나지 않은 만큼 앞으로 기술 성장은 가늠하기 힘든 수준
- 스마트팩토리의 적용 범위가 넓은 만큼 기업은 가장 큰 혁신 가치를 줄 수 있는 분야 중심으로 활용
 - 스마트팩토리 도입을 위한 Connected Factory 구축에 막대한 투자비가 소요되므로 우선 연결 대상을 설정하고 점차적으로 확대
 - 스마트팩토리가 제안하는 다양한 혁신 방안은 각 산업별로 투자규모 및 혁신가치가 상이하므로 혁신 방안별 투자가치 검토 필요
 - 각 기업이 보유한 역량 중심으로 접근하기보다는 투자가치를 우선 고려하고 부족한 역량은 아웃소싱 고려

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서]

나준호, 최드림, '미국 독일 일본의 스마트 팩토리 전략', LG경제연구원, 2016. 12

남승호, 'FIELD system using edge computing & AI', 2017 글로벌스마트팩토리 컨퍼런스

GE Whitepaper, 'PREDIX, The industrial internet platform', November 2016

Marco Iansiti and Karim R. Lakhani, 'Digital Ubiquity', HBR, November 2014

Dominik Wee et. al., 'Industry 4.0 after the initial hype', McKinsey Digital, 2016

Harold L. Sirkin et. al., 'Why Advanced Manufacturing will Boost Productivity', BCG Perspectives, 2015

Ravi Srivastava et. al., 'Using Advanced Analytics to improve operational decisions', BCG Perspectives, 2016

Justin Rose et. al., 'Sprinting to Value in Industry 4.0', BCG, December 2016

[홈페이지]

Smart Factory Expo + Automation World(<http://automationworld.co.kr/>)

Smart Factory 컨퍼런스 발표자료(<http://www.kosmia.or.kr/Data/event.html>)

Carol Ptack, 'industry 4.0: Adapt or Die'(<http://www.demanddriveninstitute.com/videos>)